

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра "Процеси та обладнання хімічних
і нафтопереробних виробництв"

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри

підпис, дата

Кваліфікаційна робота бакалавра
зі спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"
освітня програма "Обладнання нафто- та газопереробних
виробництв"

Тема роботи: Установка очищення газової суміші від сірководню.
Розробити абсорбційну колону.

Виконав:

студент групи ХМ 61/2НГ

Гавриченко Владислав Олександрович

підпис

Залікова книжка

№ 18510235

Кваліфікаційна робота бакалавра
захищена на засіданні ЕК

з оцінкою _____

" ____ " _____ 2020 р.

Підпис голови

(заступника голови) комісії

Керівник:

Зав. Кафедри

Склабінський В. І.

підпис, дата

СУМИ 2020

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра процесів та обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв

Спеціальність 133 "Галузеве машинобудування"
Освітня програма "Обладнання нафто- та газопереробних виробництв"

Курс 4 Група ХМ-61/2НГ Семестр 8

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Студент Гавриченко Владислав Олександрович

1 Тема проекту: Установка очищення газової суміші від сірководню.
Розробити абсорбційну колонну.

2 Вихідні дані: Розробити насадковий абсорбер для очищення газової суміші від сірководню.

Тип насадки - Кільця Рашига 35x35x3; Об'ємна витрата газової суміші $V_0 = 12400 \text{ м}^3 / \text{ч}$; Робочий тиск $p = 1,2 \text{ МПа}$;

Концентрація поглиненого газу в абсорбенті 92 % від рівноважної; Температура середовища в колоні $t = 22^\circ\text{C}$.

3 Перелік обов'язкового графічного матеріалу (аркуші А1):

- | | |
|---|------------|
| 1. <u>Технологічна схема абсорбційної установки</u> | – 0,5 арк. |
| 2. <u>Складальне креслення апарату</u> | – 1,0 арк. |
| 3. <u>Складальні креслення вузлів</u> | – 1,0 арк. |

4 Рекомендована література: 1. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра / укладачі: Р. О. Острога, М. С. Скиданенко, Я. Е. Михайловський, А. В. Іванія. – Суми : СумДУ, 2019. – 32 с.; 2. Иоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии / И.Л. Иоффе. – Л. : Химия, 1991. – 352 с.

5 Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

Етапи та розділи проектування	ТИЖНІ				
	1	2,3	4,5	6,7	8
1 Вступна частина	x				
2 Технологічна частина		xx			
3 Проектно-конструкторська частина			xx		
4 Розробка креслень				xx	
5 Оформлення записки					x
6 Захист роботи					x

6 Дата видачі завдання січень 2020 р.

Керівник

підпис

Склабінський В. І.

Реферат

Пояснювальна записка: 76 с., 10 рис., 4 табл., 2 додатки, 26 джерел.

Графічні матеріали: технологічна схема установки, складальне креслення апарата, складальні креслення вузлів – усього 4 аркуші (1 формату A1 і 3 формату A2).

Тема кваліфікаційної роботи бакалавра «Установка очищення газової суміші від сірководню. Розробити абсорбційну колону.».

Наведені теоретичні основи та особливості процесу абсорбції у очищенні газової суміші від сірководню, виконані розрахунки матеріального і теплового балансів процесу, технологічні розрахунки апарата, визначені його розміри, гідравлічний опір, обґрунтований вибір матеріалу для виготовлення апарата, розраховане і вибране допоміжне обладнання, теоретично описаний процес монтажу, ремонту апарата та питання з охорони праці (Фізичні та фізіологічні параметри шуму).

Розрахунками на міцність і герметичність показана надійність роботи спроектованого апарата.

Ключові слова: АПАРАТ, УСТАНОВКА, СІРКОВОДЕНЬ, КОЛОНА АБСОРБЦІЙНА, РОЗРАХУНОК, МОНТАЖ, РЕМОНТ, ШУМ.

Вступ.....	5
1. Технологічна частина.....	6
1.1 Опис технологічної схеми виробництва.....	6
1.2 Теоретичні основи процесу.....	8
1.3 Опис об'єкта розроблення та вибір основних конструктивних матеріалів.....	10
2. Технологічні розрахунки процесу і апарата	13
2.1 Матеріальний баланс і технологічні розрахунки.....	13
2.2 Конструктивні розрахунки.....	18
2.3 Гідравлічний опір апарату.....	22
3. Розрахунки апарата на міцність та герметичність.....	23
3.1 Визначення товщини стінки апарата, кришки.....	23
3.2 Розрахунок фланцевого з'єднання.....	26
3.3 Розрахунок опори апарата.....	52
4. Монтаж та ремонт апарата.....	54
4.1 Монтаж розробленого апарата.....	54
4.2 Ремонт апарата.....	59
5. Охорона праці (Фізичні та фізіологічні параметри шуму).....	60

Список літератури

Додатки

					ПОХНВ.А.00.00.00. ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Розроб.	Гавриченко				Абсорбційна колона Пояснювальна записка	Лит.	Лист	Листов
Провір.	Склабінський						4	76
Реценз.								
Н. Контр.								
Утверд.						СумДУ, гр.ХМ-61/2НГ		

Вступ

Область застосування абсорбційних процесів в промисловості доволі великі і отримання готового продукту шляхом поглинання газу рідиною, поділ газових сумішей на складові їх компоненти, очищення газів від шкідливих домішок і уловлювання цінних компонентів з газових викидів.

Розрахунок колонних абсорбційних апаратів виконується з метою визначення технологічного режиму процесу, основних розмірів апарату і його внутрішніх механізмів, які забезпечують задану чіткість поділу вихідної сировини при заданій продуктивності. Технологічний режим процесу визначається робочим тиском в апараті, температурами всіх зовнішніх потоків, а також питомою витратою зрошувальної рідини. Найважливішими розмірами апарату є його діаметр і висота, що залежать основним чином від типу контактної пристрою в колоні.

З метою систематизації та вибору щонайбільше раціональної схеми розрахунку процесів і апаратів розрахунок умовно розділяється на дві частини. До першої належить визначення параметрів процесу поділу, контролюючих якості одержуваних продуктів - показників технологічного режиму; до другої - визначення параметрів процесу, котрі контролюють продуктивність колони, т. е. основних розмірів колони і її внутрішніх пристроїв. Перша частина називається технологічним розрахунком процесів і апаратів, оскільки головним його змістом є визначення технологічного режиму поділу; друга частина називається конструктивним розрахунком апаратів, оскільки основні розміри апарату визначаються на основі гідравлічних залежностей взаємодії двофазних потоків газ - рідина.

Оптимальний розрахунок процесів і апаратів виконується шляхом одночасного вирішення всіх рівнянь, які описують процес поділу компонентів суміші і визначають основні розміри апарату.

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Абсорбент насосом Н1 послідовно подається в теплообмінники К, П1, і П2, де підігрівається спочатку гарячим розчином, а після насиченою водяною парою.

Підігрітий абсорбент подається зверху в десорбер Д, де відбувається процес десорбції поглинутої речовини, яка виділяється з розчину у вигляді парогазової суміші, що відводиться з апарату на подальшу переробку.

Об'єднаний абсорбатами гарячий розчин насосом Н2 відкачується в теплообмінник П1 і подається в збірник Е1. Охолодження розчину відбувається в холодильнику Х за рахунок теплообміну з холодним теплоносієм. Охолоджений поглинач подається в ємність Е2.

При абсорбції процес масопередачі протікає на поверхні зіткнення фаз. Тому в апаратах для поглинання газів рідинами (абсорбера) повинна бути створена розвинена поверхню зіткнення між газом і рідиною.

Насадковий абсорбер є колона, завантажена насадкою - кільцями Рашига (в даному випадку мають розміри $35 \times 35 \times 3$ мм). Кільця безладно засипані в апарат навалом. Основними характеристиками насадок є питома поверхня і вільний обсяг.

Рідина стікає по поверхні насадки тонкою плівкою і одночасно розподіляється в шарі насадки у вигляді крапельок і бризок. При подачі рідини на безладно завантажену насадку не досягається рівномірний розподіл рідини по перетину насадки на всій висоті її шару, т. К. Точність засипки насадки біля стінок завжди менше, ніж по осі апарату.

Газ надходить в колону знизу і рухається вгору протитечією по відношенню до рідини.

Насадкові колони - найбільш поширений тип абсорбера. Перевагою їх є простота пристрою, особливо важлива при роботі з агресивними середовищами, тому що в цьому випадку потрібен захист від корозії тільки корпусу колони і підтримують насадку решіток, насадка не може бути викладена з хімічно стійкого матеріалу (кераміка, фарфор). Інакша перевага насадок абсорберів - більш низьке, ніж в барботажних абсорберах, гідравлічний опір.

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Теоретичні основи процесу

Розчинність газів в рідинах залежить від властивостей газу і рідини, від температури парціального тиску розчиняється газу (компонента) в газовій суміші.

Залежність між розчинністю газу і його парціальним тиском характеризується законом Генрі, згідно з яким рівноважний парціальний тиск p^* пропорційно вмісту розчиненого газу в розчині X (в кг/кг поглиначи)

$$p^* = EX \quad (1.1)$$

де E - коефіцієнт пропорційності, що має розмірність тиску і залежать від властивостей розведеного газу і поглиначи.

Розчинність багатьох газів значно відхиляється від закону Генрі. Це стосується головним чином до добре розчинним газам, що створює розчини високої концентрації. При низьких концентраціях розчину закон Генрі зазвичай добре дотримується.

Для практичних розрахунків користуються отриманими з досвіду значенням рівноважного парціального тиску газу p^* і обчислюють рівноважний зміст абсорбується компонента в газовій суміші Y^* за формулою

$$Y^* = \frac{M_k}{M_n} \cdot \frac{p^*}{p - p^*} \text{ кг / кг інертного газу,} \quad (1.2)$$

де M_k і M_n - молекулярні маси абсорбується компонента і інертного газу;
 p - загальний тиск газової суміші.

За знайденим значенням Y^* будує лінію рівноваги. При невеликих значеннях p^* в порівнянні з p , можна приблизно написати, з огляду на попереднє рівняння.

$$Y^* = \frac{M_k}{M_n} \cdot \frac{p^*}{p} = \frac{M_k}{M_n} \cdot \frac{E}{p} \cdot X = kX \quad (1.3)$$

$$\text{де } k = \frac{M_k}{M_n} \cdot \frac{E}{p}$$

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У цьому випадку лінія рівноваги являє собою пряму, кут нахилу якої дорівнює k .

Абсорбція колони, в залежності від її внутрішнього устрою для розподілу стікаючої рідини і висхідних газів поділяються на ковпачкові, сітчаті і насадкові. Колона є вертикальний циліндр, виготовлений зі сталі, чавуну або кераміки і складається з декількох царг, з'єднаних герметично за допомогою різних фланців.

У насадкових колонах, насадка складається з кілець Рашига (металевих, фарфорових, керамічних), пустотілих кульок, дробленого коксу, кварцу та інших матеріалів. Вибір форми насадки і матеріалу її диктується в кожному окремому випадку фізико-хімічними властивостями газу і рідини та умовами процесу.

Для успішної роботи насадкових колон слід прагнути у всіх випадках до можливо більш рівномірному розподілу стікаючої рідини по всьому перетину колони. Такому розподілу рідини сприяють однорідність форми і розмірів насадки, максимально можлива швидкість висхідного потоку газу, а також строго вертикальна установка самої колони. Досліди показали, що спочатку досягнута рівномірність розподілу рідини поступово порушується в міру стікання її, так як газ прагне відтіснити рідину до периферії і зайняти центральну зону шару насадки. Для боротьби з цим явищем в колонах з високим шаром насадки останній розбивають на декілька шарів меншої висоти, відокремлених один від одного вільним, незаповненим простором. Крім того, над кожним шаром насадки встановлюють розподільні тарілки,

По конструкції корпусів розрізняють в основному три типи колон:

- 1) корпус зібраний з окремих царг, що з'єднуються між собою фланцями на прокладці. Кришку і днище кріплять таким же способом. У такому корпусі не влаштовують люків-лазів;
- 2) корпус суцільнозварний; кришку кріплять за допомогою фланцевого з'єднання. Для огляду в корпусі передбачають оглядові люки;

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3) корпус суцільнозварний, до нього приварюють кришку і днище. Для монтажу і демонтажу внутрішньої оснастки його обов'язково постачають люками-лазами.

1.3 Опис об'єкта розроблення та вибір основних конструктивних матеріалів

При абсорбції процес масопередачі протікає на поверхні зіткнення фаз. Тому в апаратах для поглинання газів рідинами (абсорбера) повинна бути створена розвинена поверхню зіткнення між газом і рідиною.

Насадковий абсорбер є колона, завантажена насадкою - кільцями Рашига (в даному випадку мають розміри 35х35х3 мм). Кільця безладно засипані в апарат навалом. Основними характеристиками насадок є питома поверхня і вільний обсяг.

Рідина стікає по поверхні насадки тонкою плівкою і одночасно розподіляється в шарі насадки у вигляді крапельок і бризок. При подачі рідини на безладно завантажену насадку не досягається рівномірний розподіл рідини по перетину насадки на всій висоті її шару, т. К. Точність засипки насадки біля стінок завжди менше, ніж по осі апарату.

Газ надходить в колону знизу і рухається вгору протитечею по відношенню до рідини.

Насадкова колона - найбільш поширений тип абсорбера. Перевагою їх є простота пристрою, особливо важлива при роботі з агресивними середовищами, тому що в цьому випадку потрібен захист від корозії тільки корпусу колони і підтримують насадку решіток, насадка не може бути викладена з хімічно стійкого матеріалу (кераміка, фарфор). Інша перевага насадкових абсорберів - більш низький, ніж в барботажних абсорберах, гідравлічний опір.

Вибір конструкційного матеріалу, який визначається умовою експлуатації проектного елемента, вузла або апарата (температура, тиск, величина навантаження, характер агресивного впливу середовища, вимоги до якості, що переробляється продукту і т. Д.), Слід виконувати так, щоб при низькій вартості і

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

не дефіцитності матеріалу забезпечувати ефективну технологію виготовлення елемента (вироби).

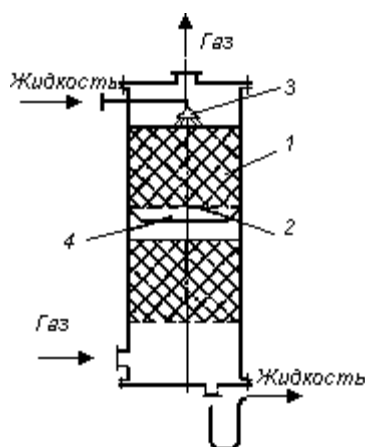


Рисунок 1.2 - Насадковий абсорбер

1 - насадка; 2 - опорна решітка; 3 - розподільник рідини;
4 - перерозподільник рідини;

Так як в апараті здійснюється технологічний процес із застосуванням продукту з утворенням кислого середовища, то для забезпечення умов роботи апарату прийнята корозійностійка сталь аустенітного класу 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-80. Сталь характеризується гарною корозійною стійкістю в середовищі, рекомендується застосовувати в температурному інтервалі -

256 ° С до + 525 ° С для корпусних елементів, до 600 ° С - для внутрішніх пристроїв без обмеження тиску. Сталь технологічна, добре зварюється, добре деформується в холодному і гарячому стані, добре обробляється всіма видами різання, характеризується задовільними лінійними властивостями. Хімічний склад і механічні властивості представлені в таблиці 1.1

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Таблиця 1.1 - Хімічний склад і механічні властивості сталі 12X18H10T

C, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %	Ti, %	S, %	P, %	E · 105 МПа	σ МПа	σ МПа	δ %
0,12	2,0	0,8	17- 18	2-11	0,3	0,8	0,02	0,035	2,1	216	530	40

До недоліків цієї сталі слід віднести те, через велику в'язкості вона гірше піддається механічній обробці. Однак, з огляду на, що механічна обробка конструктивних елементів апарату здійснюється тільки за місцем стику зварюваних елементів конструкції, то цей фактор не має істотного впливу в цілому на вартість виготовлення апарату.

Матеріал зовнішньої оснастки, арматури, кріпильних елементів і т. Д., Що не мають контакту з переробляється середовищем, приймаємо конструкційну сталь 20 ГОСТ 380-71. Вибір на користь цієї сталі, заснований на її порівняно низької вартості, хорошій оброблюваності і досить високими фізико-механічними властивостями. Хімічний склад і механічні властивості представлені в таблиці 1.2

Таблиця 1.2 - Хімічний склад і механічні властивості сталі 20

C, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %	As, %	S, %	P, %	E · 105 МПа	σ МПа	σ МПа	δ %
0,23- 0,3	0,5- 0,8	0,05- 0,19	0,3	0,5	0,3	0,08	0,05	0,04	2,0	280	400	23

2. Технологічні розрахунки процесу і апарата

2.1 Матеріальний баланс і технологічні розрахунки

Матеріальний баланс абсорбера характеризується рівнянням:

$$M = G(Y_1 - Y_2) = L(X_1 - X_2), \quad (2.1)$$

де G - кількість інертного газу, кг / с;

L - кількість поглинача, кг / с;

Y - вміст компонента в газовому середовищі, кг / кг;

X - вміст компонента в рідкій фазі, кг / кг.

Об'ємна витрата в робочих умовах на вході в абсорбер

$$V_{\text{см}} = V_0 \frac{(t + 273) \cdot P_0}{273 \cdot P}, \quad (2.2)$$

$$V_{\text{см}} = \frac{12400}{3600} \cdot \frac{(22 + 273) \cdot 0,1}{273 \cdot 1,2} = 0,31 \text{ кг/с.}$$

Щільність сірководню в нормальних умовах $\rho_c = 1,54 \text{ кг / м}^3$, щільність повітря $\rho_A = 1,25 \text{ кг / м}^3$, щільність метану $\rho_M = 0,72 \text{ кг / м}^3$, тоді щільність газової суміші при нормальних умовах [2]:

$$\rho_{\text{см}} = y_c \cdot \rho_c + y_M \cdot \rho_M + (1 - y_c - y_M) \rho_A, \quad (2.3)$$

де y_c и y_M вміст сірководню і метану в газовій суміші в об'ємних відсотках;

$$\rho_{\text{см}} = 0,028 \cdot 1,54 + 0,894 \cdot 0,72 + (1 - 0,028 - 0,894) \cdot 1,25 = 0,78 \text{ кг/м}^3.$$

Щільність газової суміші в робочих умовах:

$$\rho_r = \rho_{\text{см}} \cdot \frac{273 \cdot P}{(t + 273) \cdot P_0}, \quad (2.4)$$

					<i>ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\rho_{\Gamma} = 0,78 \cdot \frac{273 \cdot 1,2}{(22 + 273) \cdot 0,1} = 8,66 \text{ кг/м}^3.$$

Масові і об'ємні витрати поглинаючого газу на вході в абсорбер:

$$G_{\Gamma} = V_{\text{см}} \cdot C_y, \quad (2.5)$$

$$V_{\Gamma} = \frac{G_{\Gamma}}{\rho_{\Gamma}}$$

де C_y зміст поглинаючого газу в вихідній газовій суміші при робочих умовах;
г / м³

$$G_{\Gamma} = 0,31 \cdot \frac{466}{1000} = 0,1445 \text{ кг/с},$$

$$V_{\Gamma} = \frac{0,1445}{8,66} = 16,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

Абсолютна мольна (об'ємна) частка поглинаючого компонента у вихідній газовій суміші:

$$y_{\text{н}} = \frac{V_{\Gamma}}{V_{\text{см}}}, \quad (2.7)$$

$$y_{\text{н}} = \frac{16,7 \cdot 10^{-3}}{0,31} = 53,87 \cdot 10^{-3}$$

Масові витрати вихідної газової суміші і інертного носія:

$$G_{\text{см}} = V_{\text{см}} \cdot \rho_{\Gamma}, \quad (2.8)$$

$$G_{\text{ин}} = G_{\text{см}} - G_{\Gamma}, \quad (2.9)$$

$$G_{\text{см}} = 0,31 \cdot 8,66 = 2,685 \text{ кг/с},$$

$$G_{\text{ин}} = 2,685 - 0,145 = 2,54 \text{ кг/с}.$$

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відносна мольна і масова частка поглинаючого компонента у вихідній газовій суміші:

$$Y_H = \frac{y_H}{1 - y_H}, \quad (2.10)$$

$$Y_H = \frac{16,7 \cdot 10^{-3}}{1 - 16,7 \cdot 10^{-3}} = 17 \cdot 10^{-3},$$

$$\bar{Y}_H = \frac{G_r}{G_{ин}} \quad (2.11)$$

$$\bar{Y}_H = \frac{0,145}{2,54} = 0,0571.$$

Масові витрати абсорбуючого і не поглинаючого компонента в газовій суміші на виході з апарату:

$$M = \frac{G_r \cdot C_r}{100}, \quad (2.12)$$

$$M = \frac{0,145 \cdot 94}{100} = 0,1363 \text{ кг/с},$$

$$G_r' = G_r - M, \quad (2.13)$$

$$G_r' = 0,145 - 0,1363 = 0,0087 \text{ кг/с}.$$

Тиск газової суміші:

$$P = 1,2 \text{ МПа} = 9003 \text{ мм.рт.ст.}$$

Коефіцієнт Генрі для сірководню:

$$E = 0,367 \cdot 10^6 \text{ мм.рт.ст.}$$

Відносна молярна частка поглинається компонента в рідині:

$$X_H^* = Y_H \cdot \frac{P}{E}, \quad (2.14)$$

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$X_H^* = 17 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{9003}{0,367 \cdot 10^6} = 0,42 \cdot 10^{-5}$$

Рівноважна відносна масова частка поглинається компонента в рідині на виході з апарату:

$$\overline{X}_H^* = X_H^* \cdot \frac{M_r}{M_B} \quad (2.15)$$

де M_B - молярна маса води, кг / моль;

$$\overline{X}_H^* = 0,42 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{32}{18} = 0,75 \cdot 10^{-3}$$

Умова протікання процесу абсорбції можна прийняти ізотермічним, тоді лінія рівноваги і робоча лінія мають вигляд прямих ліній.

Витрата рідкого поглинача визначаємо з рівняння матеріального балансу:

$$M = G_{ин} \cdot (\overline{Y}_H - \overline{Y}_B), \quad (2.16)$$

де відносна масова частка поглинається компонента в газовій суміші на виході з абсорбера:

$$\overline{Y}_B = \frac{G'_r}{G_{ин}} = \frac{0,0087}{2,54} = 0,0034,$$

$$M = 2,54 \cdot (0,0571 - 0,0034) = 0,1364 \text{ кг/с.}$$

Витрата абсорбенту:

$$L = \frac{M}{\overline{X}_H - \overline{X}_B}; \quad (2.17)$$

де відносна масова частка поглинаючого компонента в рідині внизу колони:

$$\overline{X}_H = 0,92 \cdot \overline{X}^* = 0,92 \cdot 0,75 \cdot 10^{-3} = 0,69 \cdot 10^{-3},$$

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L = \frac{0,1364}{0,69 \cdot 10^{-3} - 0} = 19,8 \text{ кг/с.}$$

Рушійна сила процесу абсорбції:

$$\Delta \bar{Y}_{\text{cp}} = \frac{\Delta \bar{Y}_H - \Delta \bar{Y}_B}{\ln \frac{\Delta \bar{Y}_H}{\Delta \bar{Y}_B}}, \quad (2.18)$$

$$\Delta \bar{Y}_H = Y_H - Y_H^* = 0,0571 - 0,0133 = 0,0438,$$

$$\Delta \bar{Y}_B = \bar{Y}_B - \bar{Y}_B^* = 0,0034 - 0 = 0,0034.$$

де

$$X_H = \bar{X}_H \cdot \frac{M_B}{M_r} = 0,69 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{18}{32} = 0,38 \cdot 10^{-3},$$

$$Y_H^* = X_H \cdot \frac{E}{P} = 0,38 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{0,367 \cdot 10^6}{10503} = 0,0133,$$

$$\bar{Y}_H^* = Y_H^* \cdot \frac{M_r}{M_B} = 0,0133 \cdot \frac{32}{18} = 0,0236.$$

тоді

$$\Delta \bar{Y}_{\text{cp}} = \frac{0,0438 - 0,00347}{\ln \frac{0,0438}{0,0034}} = 0,0158.$$

Число одиниць переносу:

$$n_{\text{oy}} = \frac{\bar{Y}_H - \bar{Y}_B}{\Delta \bar{Y}_{\text{cp}}} \quad (2.19)$$

$$n_{\text{oy}} = \frac{0,0571 - 0}{0,0158} = 3,6$$

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

З табл. XLIII [2] коефіцієнт дифузії сірководню у воді при температурі 20 °С:

$$D_{20} = 1,6 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2 / \text{с},$$

при робочих умовах:

$$D_{\text{ж}} = D_{20}[1 + 0,02 \cdot (t - 20)] = 1,6 \cdot 10^{-9}[1 + 0,02(22 - 20)] = 1,66 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2 / \text{с}.$$

2.2 Конструктивні розрахунки

Гранична швидкість газової суміші в апараті

$$\lg \left(\frac{\omega_{\text{пр}}^2 \cdot a_{\text{н}} \cdot \rho_{\text{см}} \cdot \mu_{\text{ж}}^{0,16}}{g \cdot \varepsilon^3 \cdot \rho_{\text{ж}}} \right) = A - B \cdot \left(\frac{L}{G_{\text{ин}}} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{\rho_{\text{г}}}{\rho_{\text{ж}}} \right)^{0,125} \quad (2.20)$$

Для кілець Рашига 35×35×4 [4]:

- питома поверхня, $a_{\text{н}} = 140 \text{ м}^2 / \text{м}^3$;
- вільний об'єм, $\varepsilon = 0,78 \text{ м}^3 / \text{м}^3$;
- еквівалентний діаметр, $d_{\text{е}} = 0,022 \text{ м}$;
- Насипна щільність, $\rho = 530 \text{ кг} / \text{м}^3$;

Підставивши дані отримаємо (для кілець Рашига: $A = - 0,073$; $B = 1,75$ [4])

$$\lg \left(\frac{\omega_{\text{пр}}^2 \cdot 140 \cdot 8,66 \cdot (1 \cdot 10^{-3})^{0,16}}{9,81 \cdot 0,78^3 \cdot 1000} \right) = -0,073 - 1,75 \cdot \left(\frac{19,8}{2,54} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{8,66}{1000} \right)^{0,125},$$

звідки гранична швидкість газу в колоні

$$\omega_{\text{пр}} = 2,08 \text{ м} / \text{с}.$$

Робоча швидкість газу

$$\omega = (0,75 \dots 0,9) \cdot \omega_{\text{пр}} = 0,8 \cdot 2,08 = 1,67 \text{ м} / \text{с}.$$

Діаметр абсорбційної колони

$$D' = \sqrt{\frac{V_{\text{см}}}{0,785 \cdot \omega'}} \quad (2.21)$$

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

$$D' = \sqrt{\frac{0,31}{0,785 \cdot 1,67}} = 0,51 \text{ м.}$$

Приймаємо $D = 600$ мм, тоді швидкість газу в колоні

$$\omega = \frac{V_{\text{см}}}{0,785 \cdot D^2} \quad (2.22)$$

$$\omega = \frac{0,31}{0,785 \cdot 0,6^2} = 1,1 \text{ м/с.}$$

Критерій Re для газової фази

$$Re_r = \frac{4 \cdot \omega \cdot \rho_r}{a_H \cdot \mu} \quad (2.23)$$

$$Re_r = \frac{4 \cdot 1,1 \cdot 8,66}{160 \cdot 0,0104 \cdot 10^{-3}} = 22899.$$

Дифузійний критерій для Pr газу

$$Pr_r = \frac{\mu_{\text{см}}}{\rho_r \cdot D_r} \quad (2.24)$$

$$Pr_r = \frac{0,0104 \cdot 10^{-3}}{8,66 \cdot 8,9 \cdot 10^{-6}} = 0,135$$

Критерій Nu для газу

$$Nu_r = 0,407 \cdot Re_r^{0,655} \cdot Pr_r^{0,33} \quad (2.25)$$

$$Nu_r = 0,407 \cdot 22899^{0,655} \cdot 0,135^{0,33} = 150,6.$$

Коефіцієнт масовіддачі для газу

$$\beta_r = \frac{Nu_r \cdot D_r}{d_9} \quad (2.26)$$

$$\beta_r = \frac{150,6 \cdot 8,9 \cdot 10^{-6}}{0,022} = 60,9 \cdot 10^{-3} \text{ м/с.}$$

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Аналогічно визначимо значення критеріїв для рідини.

$$\delta_{\text{пр}} = \left(\frac{\mu_{\text{ж}}^2}{\rho_{\text{ж}}^2 \cdot g} \right)^{1/3} \quad (2.27)$$

$$\delta_{\text{пр}} = \left[\frac{(1 \cdot 10^{-3})^2}{1000^2 \cdot 9,81} \right]^{1/3} = 0,49 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$S = 0,785 \cdot D^2 = 0,785 \cdot 0,6^2 = 0,283 \text{ м}^2;$$

$$\text{Re}_{\text{ж}} = \frac{4 \cdot L}{S \cdot a_{\text{н}} \cdot \psi \cdot \mu_{\text{ж}}} \quad (2.28)$$

$$\text{Re}_{\text{ж}} = \frac{4 \cdot 19,8}{0,283 \cdot 160 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 10^{-3}} = 3498;$$

$$\text{Pr}_{\Gamma} = \frac{\mu_{\text{ж}}}{\rho_{\text{ж}} \cdot D_{\text{ж}}}; \quad (2.29)$$

$$\text{Pr}_{\Gamma} = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{1000 \cdot 1,6 \cdot 10^{-6}} = 0,63;$$

$$\text{Nu}_{\text{ж}} = 0,0021 \cdot \text{Re}_{\text{ж}}^{0,75} \cdot \text{Pr}_{\text{ж}}^{0,5}; \quad (2.30)$$

$$\text{Nu}_{\text{ж}} = 0,0021 \cdot 3498^{0,75} \cdot 0,56^{0,5} = 0,72;$$

$$\beta_{\text{ж}} = \frac{\text{Nu}_{\text{ж}} \cdot D_{\text{ж}}}{\delta_{\text{пр}}} \quad (2.31)$$

$$\beta_{\text{ж}} = \frac{0,72 \cdot 1,6 \cdot 10^{-6}}{0,49 \cdot 10^{-3}} = 2,35 \cdot 10^{-6} \text{ м/с.}$$

Коефіцієнт масовіддачі.

$$\beta_y = \beta_{\Gamma} \cdot \rho_{\Gamma}; \quad (2.32)$$

$$\beta_y = 60,9 \cdot 10^{-3} \cdot 8,66 = 527,4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с};$$

$$\beta_x = \beta_{\text{ж}} \cdot \rho_{\text{ж}} \quad (2.33)$$

$$\beta_x = 2,35 \cdot 10^{-6} \cdot 1000 = 2,35 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с.}$$

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт масопередачі в апараті по відношенню до газової фази.

$$K_y = \frac{1}{\frac{1}{\beta_y} + \frac{m}{\beta_x}} \quad (2.34)$$

$$K_y = \frac{1}{\frac{1}{527,4 \cdot 10^{-3}} + \frac{34,9}{2,35 \cdot 10^{-3}}} = 42,4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с}.$$

Середній коефіцієнт розподілу.

$$m = \frac{E}{p} \quad (2.35)$$

$$m = \frac{0,367 \cdot 10^6}{10503} = 34,9.$$

Поверхня насадки.

$$F = \frac{M}{K_y \cdot \Delta \bar{Y}_{cp}} \quad (2.36)$$

$$F = \frac{0,1364}{42,4 \cdot 10^{-3} \cdot 0,0158} = 204.$$

Висота шару насадки.

$$H_n = \frac{F}{0,785 \cdot D^2 \cdot a_n} \quad (2.37)$$

$$H_n = \frac{204}{0,785 \cdot 0,6^2 \cdot 160} = 4,5 \text{ м}.$$

Загальна висота колони:

$$H_K = Z \cdot n + (n-1)h_p + Z_B + Z_H \quad (2.38)$$

де, Z - висота насадки в одній секції. Згідно рекомендації [4], висота слою насадки однієї секції знаходиться в діапазоні $Z=2 \div 2.5 = 2.25$

n - число секцій, $n=2$;

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

h_p - висота проміжків між секціями насадку, в яких встановлюються розподільники рідини, $h_p=0,45$ м, [4];

Z_B - висота сепараційного простору над насадкою, $Z_B=0,52$ м, [4];

Z_H - відстань між днищем і насадкою, $Z_H=1,03$ м; [4, с.130]

Загальна висота колони

$$H_K = 2.25 \cdot 2 + (2 - 1) \cdot 0,45 + 0,52 + 1,03 = 6.5 \text{ м}$$

2.3 Гідравлічний опір апарату

Величину Δp знаходимо за формулою [4]

$$\Delta p = \Delta p_c \cdot 10^{b \cdot U}, \quad (2.38)$$

де Δp_c - гідравлічне опір сухої (незрошуваних насадки), Па; U - щільність зрошення, $\text{м}^3 / \text{м}^2 \cdot \text{с}$; b - коефіцієнт.

Для кілець Рашига (4, с.108)

$$b = 184.$$

Гідравлічний опір сухої насадки

$$\Delta p_c = \lambda \cdot \frac{H}{d_s} \cdot \frac{\omega^2 \cdot \rho_r}{2}, \quad (2.39)$$

де λ - коефіцієнт опору насадки.

$$\lambda = \frac{16}{\text{Re}^{0,2}} \quad (2.40)$$

$$\lambda = \frac{16}{\text{Re}^{0,2}} = \frac{16}{22899^{0,2}} = 2,15.$$

тоді

$$\Delta p_c = 2,15 \cdot \frac{4,5}{0,022} \cdot \frac{1,67^2 \cdot 8,66}{2} = 5311 \text{ Па.}$$

щільність зрошення

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$U = \frac{L}{\rho_{\text{ж}} \cdot S} \quad (2.41)$$

$$U = \frac{19,8}{1000 \cdot 0,283} = 0,007 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}.$$

Гідравлічний опір зрошуваної насадки.

$$\Delta p = 5311 \cdot 10^{184 \cdot 0,007} = 10303 \text{ Па}.$$

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 Розрахунки апарата на міцність та герметичність

3.1 Визначення товщини стінки апарата, кришки

Вихідні дані:

внутрішній діаметр обичайки $D = 600$ мм;

робочий тиск $p = 1,2$ МПа;

матеріал колони - сталь 12X18H10T;

температура середовища в колоні $t = 22^\circ\text{C}$.

Напруга, що допускається в робочому стані

$$[\sigma] = \eta \cdot \sigma^*, \quad (3.1)$$

$$[\sigma] = 1 \cdot 147 = 147 \text{ МПа},$$

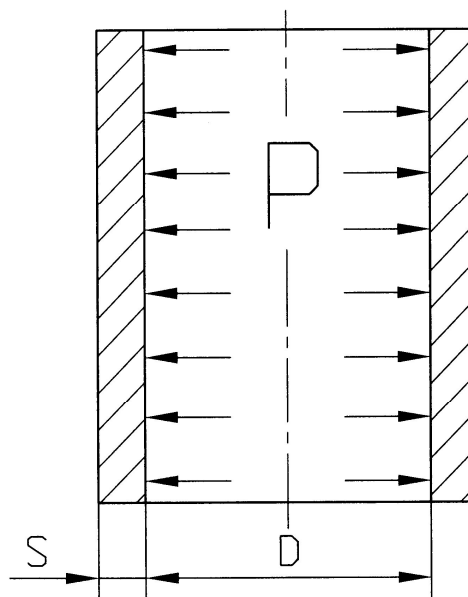


Рисунок 3.1 - Розрахункова схема циліндричної обичайки

де $\sigma^* = 147$ МПа для сталі 12X18H10T при температурі 22°C (табл. 1.2) [6]; $\eta = 1$.

Апарат виготовлений з листового прокату.

Коефіцієнт міцності поздовжніх зварних швів обичайки $\phi = 1$. Зварювання проведена автоматичним способом.

Розрахункова товщина стінки циліндричної обичайки

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

$$s_p = \frac{p \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] - p}, \quad (3.2)$$

$$s_p = \frac{1,2 \cdot 600}{2 \cdot 1 \cdot 147 - 1,2} = 2,9 \text{ мм.}$$

Виконавча товщина стінки

$$s = s_p + c, \quad (3.3)$$

де c - надбавка до розрахункової товщини, що визначається за формулою [6, с.10]

$$c = c_1 + c_2 + c_3$$

де c_1 - надбавка для компенсації корозії та ерозії; c_2 - надбавка для компенсації мінусового допуску; c_3 - технологічна надбавка.

Надбавка для компенсації корозії визначається за формулою

$$c_1 = \Pi \cdot \tau,$$

де Π - швидкість корозії, мм / рік [6]; τ - термін служби апарату.

При терміні служби апарату 10 років і прийнявши $c_2 = 0$ і $c_3 = 0$, отримаємо

$$c_1 = 0,1 \cdot 10 = 1,0 \text{ мм,}$$

$$s = 2,9 + 1,0 = 3,9 \text{ мм.}$$

З огляду на напруження стиску від загальної маси колони, а також можливість установки апарату на відкритому майданчику, де діють вітрові навантаження, з запасом приймаємо $s = 6 \text{ мм}$,

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

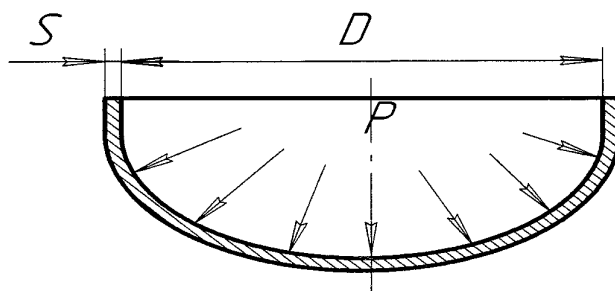


Рисунок 3.2- Розрахункова схема еліптичного днища
Розрахункова товщина стінки еліптичної кришки

$$s_{кр.р} = \frac{p \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] - 0,5 \cdot p}, \quad (3.4)$$

$$s_{кр.р} = \frac{1,2 \cdot 600}{2 \cdot 1 \cdot 147 - 0,5 \cdot 1,2} = 2,9 \text{ мм.}$$

Виконавча товщина стінки кришки

$$s_{кр} = s_{кр.р} + c = 2,9 + 1,0 = 3,9 \text{ мм.}$$

З метою уніфікації сортаменту матеріалу для виготовлення апарату приймаємо $s_{кр} = 6 \text{ мм.}$

3.2 Розрахунок фланцевого з'єднання

Фланцеві з'єднання застосовують для роз'ємного з'єднання складових частин корпусів і кришок. На фланцях приєднують до апаратів труби, арматуру.

Згідно з рекомендаціями в залежності від діаметру апарату ($D=600 \text{ мм}$) і внутрішньому тиску, вибираємо фланець приварний встик, який має конічні втулки-шийки. Втулку фланця приварюють стиковим швом до обічайки.

Згідно регламентованому ОСТ 26-426-79 і ОСТ 26-427-29 конструктивну форму вибираємо - шип-паз.

Розрахунок фланцевого з'єднання на виконання умов міцності, допустимі навантаження робочих умовах, а також в умовах гідравлічних випробувань і монтажу виконаний в програмі ПАССАТ і наведений у Додатку Б.

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

3.3 Розрахунок опори апарата

Вибір типу опори залежить від ряду умов: місця установки апарату, співвідношення висоти і діаметра апарату, його маси і т.д. При відношенні $H / D \geq 5$ вибрано опора, зображена на кресленні колони. За ОСТ 26-467-78 вибираємо циліндричну опору виконання 3 і проводимо перевірочні розрахунки.

З таблиці (4, VI.1) насипна щільність насадки

$$\rho = 540 \text{ кг / м}^3,$$

тоді маса насадки

$$m_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H \cdot \rho \quad (3.5)$$

$$m_1 = \frac{3,14 \cdot 0,6^2}{4} \cdot 4,5 \cdot 540 = 1184 \text{ кг.}$$

Маса обичайки колони

$$m_2 = \pi \cdot (D + s) \cdot s \cdot H \cdot \rho \quad (3.6)$$

$$m_2 = 3,14 \cdot (0,6 + 0,006) \cdot 0,006 \cdot 8 \cdot 7850 = 1199 \text{ кг.}$$

Маса оснащення колони приймається в розмірі 20% від маси обичайки

$$m_3 = 0,2 \cdot m_2 \quad (3.7)$$

$$m_3 = 0,2 \cdot 1199 = 240 \text{ кг.}$$

Об'єм колони $V = 2,83 \text{ м}^3$, тоді маса води при гідравлічних випробуваннях

$$m_4 = V \cdot \rho_v \quad (3.8)$$

$$m_4 = 2,83 \cdot 1000 = 2830 \text{ кг.}$$

Наведена навантаження на опору

$$Q = (m_1 + m_2 + m_3 + m_4) \cdot g \quad (3.9)$$

$$Q = (1184 + 1199 + 240 + 2830) \cdot 9,81 = 53,5 \cdot 10^3 \text{ Н} = 53,5 \text{ кН.}$$

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Міцність зварного з'єднання опори з корпусом визначаємо за умовою

$$\sigma = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D \cdot a_1} \leq \varphi_s \cdot [\sigma], \quad (3.10)$$

де $a_1 = 6$ мм - розрахункова товщина зварного шва; φ_s - коефіцієнт міцності зварного шва, зазвичай приймається $\varphi_s = 0,7$.

тоді

$$\sigma = \frac{4 \cdot 53,5 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 600 \cdot 6} = 18,9 \text{ МПа} \leq 0,7 \cdot 120 = 84 \text{ МПа}.$$

Отже, умова міцності зварного шва виконується.

За ОСТ 26-467-78 [8, табл. 14.11] по розрахованим навантаженням вибираємо циліндричну опору з опорним поясом; число болтів $Z_B = 12$; $d_6 = \text{M40}$. Висоту опори з конструктивних міркувань приймаємо рівною $H = 2500$ мм.

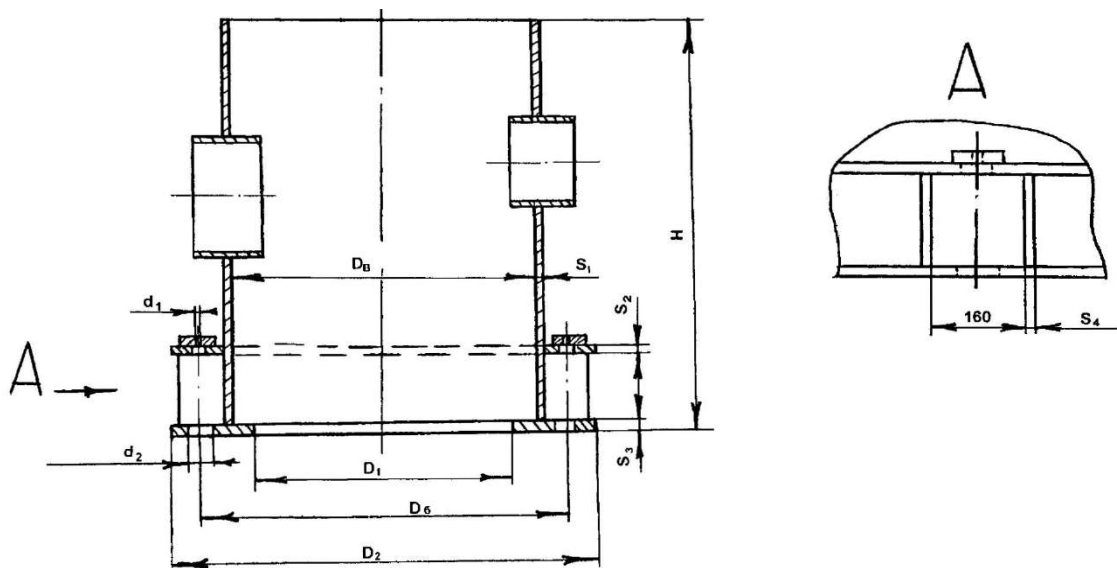


Рисунок 3.4 - Циліндрична опора

4. Монтаж та ремонт апарата

4.1 Монтаж розробленого апарата

Під колонним апаратом розуміють вертикально розташований апарат, у якого висота набагато більше його поперечного розміру. Колонні апарати, як правило, встановлюють на відкритому майданчику на різних відмітках від землі (на фундаментах, залізобетонних постаментах, металевих етажерках).

Колонні апарати поставляються на монтажну площадку в максимально готовому вигляді. Якщо перевезення повністю зібраного апарата є неможливим, тоді він поставляється максимально великими блоками, або окремими деталями. У всіх випадках завод-виготовлювач до відправки на монтажну ділянку зобов'язаний зробити контрольну збірку апарату, нанести на все сполучення складальні осі.

Залежно від вантажопідйомності наявних підйомних пристосувань на монтажному майданчику виробляють складання колонного апарата з блоків і деталей або укрупнення блоків.

Якщо апарат можна підняти на фундамент повністю в зібраному вигляді, то після монтажу в горизонтальному положенні до нього приварюють всі обслуговуючі металоконструкції (майданчики, сходи, сходові клітини), встановлюють запірну арматуру і трубопровідну обв'язку і наносять теплоізоляцію. Після опресування і спуску з нього обпресувальна рідина, піднімають на фундамент.

При підйомі інших блоків в залежності від обраного способу монтажу розробляють конкретну технологію виробництва робіт, що передбачає максимальне зниження обсягу робіт, які проводяться на високих відмітках.

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Монтаж способом наращивания. Монтаж ведут с нижней части аппарата, поспіль наращуєчи окремі царги. Монтаж ведуть баштовим і гусеничним кранами.

Спосіб наращивания застосовують при монтажі колонних апаратів укрупненими блоками. Укрупнену збірку окремих царг в блоки виконують гусеничним краном. Блоки, збирають в зоні максимальної вантажопідйомності баштового крана по декілька царг в блоці. Перед установкою в кожному блоці верхньої царги приварюють кронштейни для містків, з яких з'єднують блоки між собою.

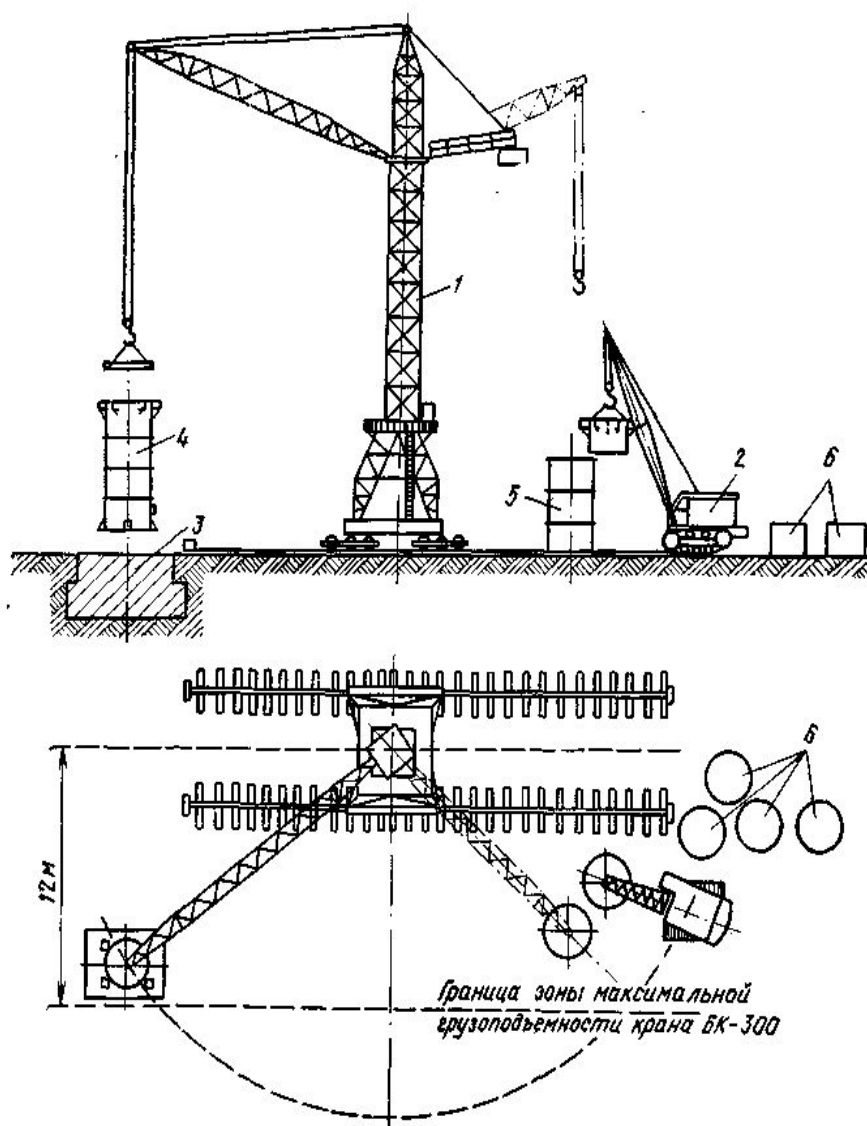


Рисунок 4.1 – Монтаж колонного аппарата способом наращивания

1 - баштовий кран; 2 - гусеничний кран; 3 - фундамент;

4 - нижній блок в процесі установки; 5 - середній блок в процесі складання;

6 - царги верхнього блоку

Недоліком способу нарощування є те, що під час монтажу доводиться вести роботи на різній висоті, що ускладнює складання, збільшує термін і вартість монтажу.

Монтаж способом повороту навколо осі шарніра. Монтаж ведуть за допомогою щогли, порталу, стрілового крана та іншого обладнання.

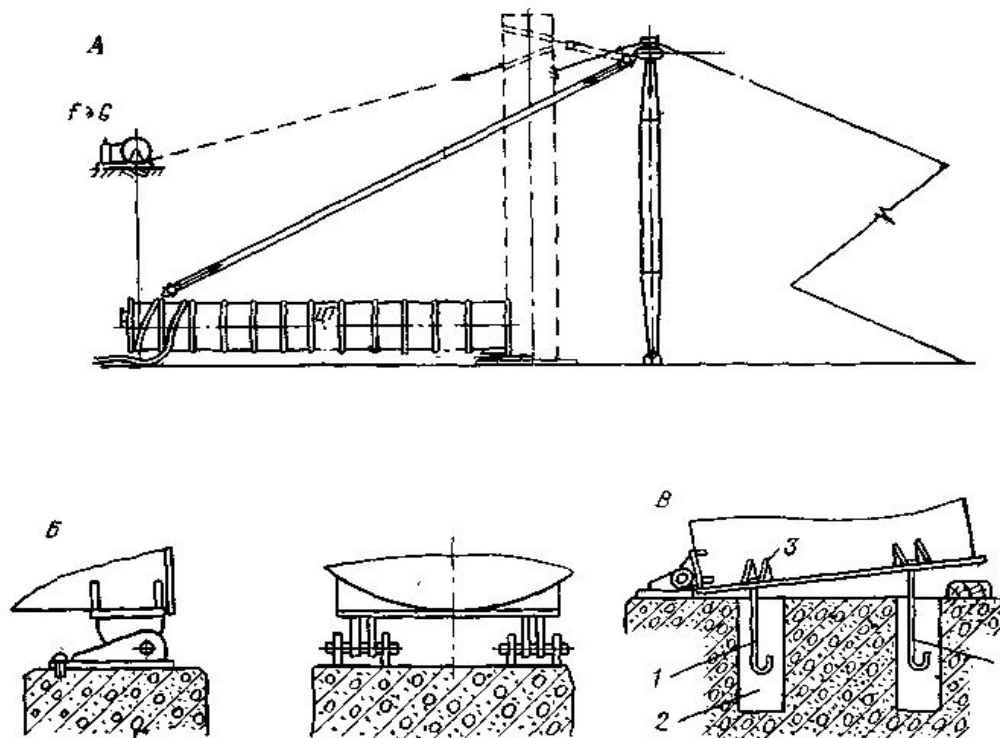


Рисунок 4.2 – Монтаж колонного апарату способом повороту навколо осі шарніра

А - конструкція шарніра; Б - схема підйому; В - заведенням анкерних болтів;

1 - анкерний болт; 2 - колодязь; 3 - лапи апарату.

Потрібна вантажопідйомність механізмів може бути менше маси апарату, особливо якщо центр ваги апарату розташований близько до основи.

На фундаменті кріплять анкерними болтами спеціальний шарнір, на котрий укладають і приварюють нижню частину апарату, зібраного в горизонтальному положенні.

Потім встановлюють щоглу на такій відстані від проектної осі апарату, щоб блоки поліспастів не зішлися в час установки апарату у вертикальному положенні мінімум на 1,5 - 2 м.

При переході центру ваги апарату через вісь шарніра апарат розпочинає мимоволі опускатися під дією сили тяжіння. Щоб запобігти цьому, встановлюють підтримуючу лебідку.

При установці апарату на фундамент даним способом не слід заливати анкерні болти до його установки, так як потрапити на них отворами лап майже неможливо.

Монтаж підйомом за верх з підтаскуванням нижньої частини. Монтаж виконують нерухомим порталом і гусеничним трактором або лебідкою.

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

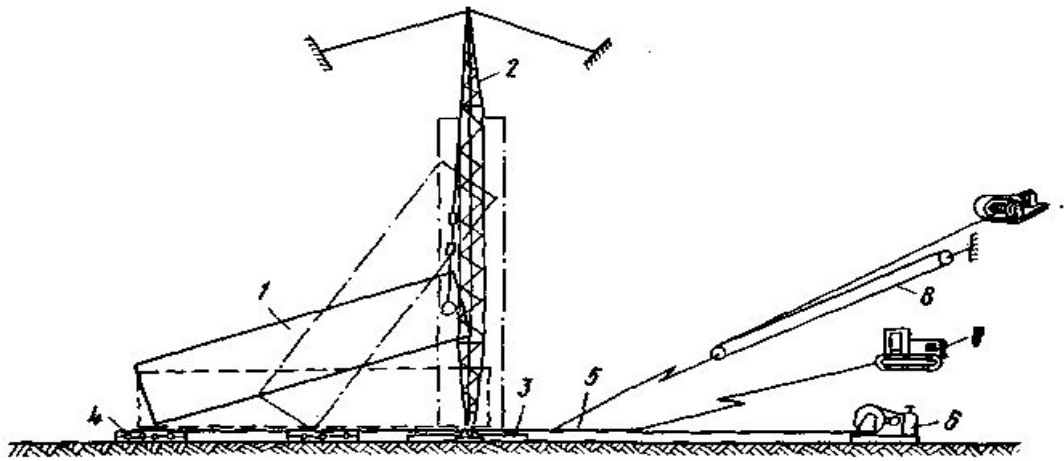


Рисунок 4.3 – Монтаж колонного апарату підйомом за верх

з підтаскуванням нижньої частини

1 - монтується апарат; 2 - нерухомий портал; 3 - фундамент; 4 - сани;

5 - трос від саней до лебідки; 6 - лебідка; 7 - трактор; 8 - поліспаст.

Апарат збирають в горизонтальному положенні. Верхня частина його знаходиться на фундаменті, а нижня укріплена на санях, але так, щоб апарат при підйомі міг повертатися навколо вузла кріплення. Апарат стропят за верхню частину і починають піднімати, одночасно підтягаючи сани. При цьому стежать, щоб поліспаст знаходився у вертикальному положенні. Коли сани наблизяться до фундаменту, їх відв'язують, піднімають апарат над фундаментом, з'єднують отвори в лапах з анкерними болтами і встановлюють на фундамент.

Монтаж способом підйому в горизонтальній площині з наступним поворотом. Монтаж ведуть щоглою, висота якої може бути на 10 - 15% менше висоти апарату. Колону збирають в горизонтальному положенні безпосередньо на фундаменті, стропят її за помилкові штуцера, приварені на 40 - 50 см вище центру ваги, а з боку верхньої частини кріплять трос врівноважує лебідки.

При підйомі урівноважує лебідка утримує колону в горизонтальному положенні. Колону піднімають на висоту, більшу на 1,5 - 2 м, ніж відстань від

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			33

місця стропування дощенту, переводять її в вертикальне положення і опускають на фундамент.

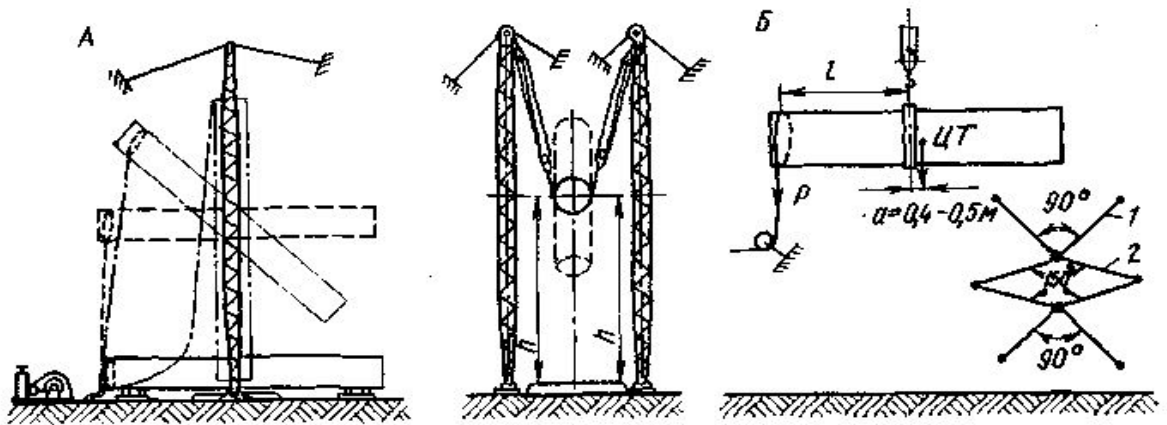


Рисунок 4.5 – Монтаж колонного апарату способом підйому в горизонтальний

площині з наступним поворотом

А - схема підйому; Б - схема стропування

1 - зовнішня ванта; 2 - внутрішня ванта; ЦТ - центр ваги

4.2 Ремонт апарата

Ремонт масообмінних частини абсорбера, як правило, проводиться через знос внутрішніх пристроїв, ремонт кубової - через знос глухий тарілки, а також при появі вимоїн і каверн корпусу за результатами товщинометрії і ультразвукової дефектоскопії, і здійснюється за спеціальною технологією наплавлення. Вимоги технологічності виготовлення і відновлення деталей складної конфігурації часто визначають неможливість використання матеріалів, стійких до впливу агресивних середовищ. Так, наприклад, деталі складної конфігурації, які виготовляються холодним штампуванням з витяжкою профілю, не можуть бути виконані з таких матеріалів.

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Важлива операція з обслуговування насадкової абсорбційної колони – це завантаження насадкових кілець (в даному випадку кільцями Рашига, які мають розміри 35х35х3 мм). Кільця безладно засипають в апарат навалом.

Колонні апарати ремонтують при планово-попереджувальних ремонтах технологічної установки.[26]

Підготовка колонних апаратів до ремонту полягає в наступному: доводять тиск в колоні до атмосферного, видаляють з апарату робоче середовище, після чого його пропарюють водяною парою, який витісняє залишилися в колоні пари і газу. Після пропарювання колону промивають водою. У деяких випадках пропарку і промивку чергують кілька разів.[26]

Промивання колон водою сприяє також більш швидкому їх охолодженню. Не можна приступати до ремонтних робіт, якщо температура промивної води перевищує 50 ° С.[26]

Пропарену і промиту колону від'єднують від всіх апаратів і комунікацій глухими заглушками, що встановлюються у фланцевих з'єднаннях штуцерів. Установку кожної заглушки і подальше її зняття реєструють в спеціальному журналі.[26]

Ремонт апарату починається з розкриття, яке слід проводити, суворо дотримуючись таких правил: спочатку відкривають верхній люк, причому перед цим в апарат протягом деякого часу подають водяну пару, щоб уникнути можливого підсосу повітря, в результаті якого може утворитися вибухонебезпечна суміш. Далі послідовно (згори вниз) відкривають інші люки. Категорично забороняється одночасно відкривати верхній і нижній люки. Не можна також відкривати спочатку нижній, а потім верхній люк, так як за рахунок різниці температур відбувається сильна притока повітря в колону, що може привести до утворення вибухонебезпечної суміші.[26]

Після відкривання люків колони деякий час провітрюється в результаті природної конвекції повітря. Після закінчення провітрювання потрібно провести аналіз проб повітря, взятих з колони на різних висотних відмітках.[26]

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До робіт всередині колони дозволяється приступати тільки тоді, коли аналіз покаже, що концентрація шкідливих газів і парів в ній не перевищує гранично допустимих санітарних норм.[26]

Корпус колони і її внутрішні пристрої піддають ретельному огляду.

Спуск секцій тарілок проводиться встановленої у верхній частині колони поворотною кран-укосиною потрібної вантажопідйомності.

Ремонт корпусу колонних апаратів проводять в залежності від виявлених дефектів. Дефекти корпусу виявляють шляхом візуального огляду та ультразвукової дефектоскопії.[26]

Нещільні зварні шви вирубують, зачищають і заварюють відповідним електродом.[26]

Зношені штуцери і люки вирізають і замінюють новими з обов'язковим встановленням зміцнювальних кілець.[26]

Найбільш зношені ділянки корпусу колони вирізують, а на їх місце ставлять нову ділянку, заздалегідь свальцований по радіусу колони. Зварювання виробляють встик. Вирізання великих ділянок корпусу може привести до ослаблення перетину і порушення стійкості. Тому до вирізання дефектного ділянки його зміцнюють стійками, що встановлюються всередині або зовні. Число й перетин стійок, розміри опорних лап розраховують, виходячи з умови рівності їх опорів опору вирізаного перетину. За допомогою таких стійок можна замінити весь пошкоджений пояс колони декількома частинами.[26]

Ремонт колони закінчується її випробуванням. При гідравлічному випробуванні колона заповнюється водою при відкритій воздушці, яка встановлюється на верху колони. Поява води в воздушці свідчить про заповнення колони. Після закриття воздушки тиск в колоні повільно підвищується до контрольної величини. При цьому тиску апарат витримується 5 хв, потім тиск знижується до робочого значення, при якому здійснюється обстукування зварних швів молотком і огляд корпусу колони. При проведенні пневматичного випробування обстукування зварних швів не допускається.[26]

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Охорона праці (Фізичні та фізіологічні параметри шуму)

Під шумом розуміють несприятливе поєднання звуків різної інтенсивності, частоти і тиску, що впливають на організм людини, заважають відпочивати і працювати. З фізіологічної точки зору шум – це будь-який небажаний звук, що сприймається органом слуху людини. Звук – це розповсюдження звукової хвилі в пружному середовищі.[23]

Звук характеризується частотою звукових коливань, звуковим тиском та інтенсивністю.[23]

Для оцінки і аналізу шумів весь слуховий діапазон частот ділять на смуги – октавні і 1/3 октавні. Смуга частот, у якої відношення верхньої частоти до нижньої дорівнює двом називається октавною ($f_2/f_1 = 2$), коли $f_2/f_1 = 1,26$ – 1/3 октави.[23]

Значення $f_{сг}$ для восьми стандартизованих октавних смуг дорівнюють 63, 125, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц.[23]

Під час звукових коливань в повітрі утворюються зони зниженого і підвищеного тиску.[23]

Звуковий тиск P , Па – різниця між миттєвим значенням повного тиску у середовищі за наявності звуку та середнім тиском у цьому середовищі за відсутності звуку.[23]

Під час розповсюдженні звукової хвилі в просторі відбувається перенесення енергії, кількість котрої визначається інтенсивністю звуку.[23]

Інтенсивність звуку I , Вт/м² – середній потік звукової енергії за одиницю часу віднесений до одиниці площі поверхні перпендикулярної до напрямку розповсюдження звукової хвилі. У вільному звуковому полі інтенсивність звуку та звуковий тиск зв'язані між собою даним співвідношенням.[23]

Сприйняття людиною звуку залежить не тільки від частоти, а також і від інтенсивності звуку і звукового тиску. Менша інтенсивність I_0 та звуковий тиск P_0 , що сприймається вухом людини зветься порогом чутності. Порогові значення залежать від частоти звуку. За частоти 1000 Гц (дана частота звуку прийнята як еталонна) поріг чутності для звукового тиску складає $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па, а для

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інтенсивності звуку – $I_0 = 10\text{--}12 \text{ Вт/м}^2$. За звукового тиску $P = 200 \text{ Па}$ і $I = 100 \text{ Вт/м}^2$ виникають больові відчуття (больовий поріг) в слухових органах людини. Різниця між больовим порогом та порогом чутності велика: інтенсивність звуку на порозі больового відчуття в 10^{14} разів перевищує поріг чутності, за звуковим тиском – 10^7 разів. Користуватися шкалою, яка має такий великий розбіг неможливо.[23]

Рівень інтенсивності звуку L , і рівень звукового тиску L_p належать до фізіологічних характеристик шуму. Рівнями інтенсивності звуку часто оперують при виконанні акустичних розрахунків, а рівнями звукового тиску – при вимірюванні шуму, оцінці його дії на людину, оскільки орган слуху чутливий не до інтенсивності звуку, а до звукового тиску.[23]

За виключенням таких фізіологічних характеристик шуму як рівня інтенсивності звуку, та рівня звукового тиску, важливе значення має часова характеристика впливу шуму на працюючих.[23]

Постійні шуми – шуми рівень котрий за цілий робочий день при роботі технологічного обладнання змінюються максимум на 5 дБА при вимірюваннях на часовій характеристиці “повільно” шумоміра за шкалою “А”.[23]

Непостійні – це рівень шуму котрий за цілий робочий день при роботі технологічного обладнання змінюється максимум 5 дБА.[23]

Непостійні шуми ділять на:

а) мінливі, рівень котрих безперервно змінюється у часі;

б) переривчасті, рівень шуму котрих змінюється ступінчасто на 5 дБА і більше при вимірюваннях на часовій характеристиці “повільно” шумоміра за шкалою “А”, при цьому довжина інтервалів, під час яких рівень залишається сталим, становить 1 сек. та більше;[23]

в) імпульсні, що складаються із одного або декількох звукових сигналів, котрий із яких триває менше 1 сек., при цьому рівні шуму у дБА, виміряні на

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

часових характеристиках “імпульс” та “повільно” шумоміра за шкалою “А”, відрізняються не менше ніж на 7 дБА.[23]

Дія на організм людини.

Важливою характеристикою шуму є його частотний склад. Коли в складі шуму переважають звуки з частотою коливань до 400 Гц, такий шум називається низькочастотним, якщо переважають звуки з частотою 400 – 1000 Гц – середньочастотним, якщо понад 1000 Гц – високочастотним. Низькочастотний шум інтенсивністю до 100 дБ не викликає відчутної несприятливої дії на орган слуху; для середньочастотного шуму ця норма становить 85 – 90 дБ; для високочастотного – 75 – 85 дБ. Несприятливі суб’єктивні відчуття і вплив на організм людини зумовлює високочастотний шум.[23]

Шум несприятливо впливає на людину. У робітників, що мають справу з гуркотливими машинами та механізмами, виникають стійкі порушення слуху, що нерідко призводить до професійних захворювань (глухуватості і глухоти). Найбільша втрата слуху спостерігається протягом перших десяти років роботи, і з плином часу ця небезпека зростає. Довготривала дія шуму на організм людини призводить до розвитку хронічної перевтоми, зниження працездатності, виникнення таких симптомів як поганий сон, сонливість, зниження слуху, порушення терморегуляції. Усе це може спричинити аварію на виробництві. Короткочасний, навіть одноразовий вплив шуму високої інтенсивності може спричинити повну загибель спірального органу або розрив барабанної перетинки, що супроводжується почуттям закладеності та різким болем у вухах. Наслідком баротравми нерідко буває повна втрата слуху.[23]

Шум впливає на систему травлення і кровообігу, серцево-судинну систему. У разі постійного шумового фону до 70 дБ виникає порушення ендокринної та нервової систем, до 90 дБ — порушує слух, до 120 дБ — призводить до фізичного болю, який може бути нестерпним. Шум не лише погіршує самопочуття людини, а й знижує продуктивність праці на 10—15 %. Тому боротьба з ним має не лише санітарно-гігієнічне, а й велике техніко-економічне значення.[23]

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Початкові прояви професійної приглухуватості найчастіше зустрічаються у осіб зі стажем роботи в умовах шуму близько 5 років. При високих рівнях шуму слухова чутливість падає вже через 1 – 2 роки, при середніх – виявляється набагато пізніше, через 5 – 10 років, а саме зниження слуху відбувається повільно, хвороба розвивається поступово.[23]

У працюючих в умовах шуму основними скаргами є: зниження слуху, головний біль тупого характеру, відчуття важкості і шуму в голові, які виникають до кінця робочої зміни або після роботи, запаморочення при зміні положення тіла, підвищена дратівливість, швидка стомлюваність, зниження працездатності, уваги, підвищена пітливість, порушення ритму сну (сонливість вдень, тривожний сон у нічний час). Можуть спостерігатися неприємні відчуття в області серця у вигляді поколювань, серцебиття. Відзначається виражена нестійкість пульсу і артеріального тиску, особливо в період перебування в умовах шуму.[23]

Одним з важливих профілактичних засобів попередження стомлення при дії шуму є чергування періодів роботи і відпочинку. Відпочинок знижує негативний вплив шуму на працездатність лише в тому випадку, коли його тривалість та кількість відповідають умовам, в яких відбувається найефективніше відновлення нервових центрів. Важливе значення для осіб, зайнятих на роботах із шумом, має короткочасний відпочинок під час роботи, а також організоване дозвілля поза робочим часом. Захист від високочастотного шуму забезпечують засоби індивідуального захисту (навушники, заглушки для вух та ін.).[23]

Важливе значення у попередженні розвитку шумової патології мають попередні (під час прийняття на роботу) і періодичні (протягом трудової діяльності) медичні огляди. Згідно з наказом Міністерства охорони здоров'я України від 21.05.2007 № 246 «Про затвердження Порядку проведення медичних оглядів працівників певних категорій» таким оглядам підлягають особи, що працюють на виробництвах, де шум перевищує гранично допустимий рівень, тобто умови праці є шкідливими згідно з наказом Міністерства охорони здоров'я України від 08.04.2014р.№248 Про затвердження Державних санітарних норм і

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу».[23]

Кратність проведення періодичних медичних оглядів встановлюється в залежності від інтенсивності шуму. Огляди проводяться з участю отоларинголога, невропатолога і терапевта. Одним з методів дослідження гостроти слуху є аудіометрія. Аудіометрія – це дослідження, що вимірює гостроту слуху, визначає слухову сприйнятливість до звукових коливань різної частоти.[23]

Нормування та методи захисту.

Нормуванні шуму до уваги беруться різні його види. Відповідно до ГОСТ 12.1.003-83 та ДСН 3.3.6.037-99 шуми класифікуються за характером спектра і часовими характеристиками. За першою ознакою шуми поділяються на широкосмужні, з неперервним спектром, шириною більш ніж одна октава, та вузькосмужні або тональні, у спектрі яких є виражені дискретні тони. За часовими характеристиками шуми можуть бути постійними, якщо їх рівень шуму на протязі робочої зміни (8 годин) змінюється не більш ніж на 5 дБА, та непостійними.[23] Останні поділяються:

- на мінливі, рівень шуму яких безперервно змінюється (коливається) в часі більш ніж на 5 дБА;[23]
- переривчасті, рівень шуму яких змінюється ступінчасто на 5 дБА і більше, при цьому довжина інтервалів, під час яких рівень залишається сталим, становить Ісі більше;[23]
- імпульсні, які складаються з одного або декількох звукових сигналів, кожен з яких довжиною менше 1 с, при цьому рівні шуму відрізняються не менше чим на 7 дБА.[23]

Нормування шуму проводиться двома методами: нормування за граничним спектром шуму та нормування рівня звуку в дБА Перший метод нормування є основним для постійних шумів. Рівні звукового тиску (дБ) нормуються в октавних смугах частот. Октавна смуга частот (октава) — діапазон частот, у якому верхня

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

гранична частота у двічі більша за нижню граничну частоту і октава характеризується середньгеометричним значенням частоти.[23]

- Заходи та засоби захисту від шуму
- Заходи та засоби захисту від шуму поділяються на колективні та індивідуальні.

До засобів індивідуального захисту від шуму належать навушники, протишумові вкладки, шумо-заглушувальні шоломи.[23]

Засоби колективного захисту від шуму поділяються на такі напрямки:[23]

- — зменшення шуму в самому джерелі;
- — зменшення шуму на шляху його поширення;
- — організаційно-технічні заходи;
- — лікувально-профілактичні заходи.

Засоби та заходи колективного захисту, які зменшують шум на шляху його поширення поділяються на архітектурно-планувальні та акустичні.[23]

Зменшення шуму у самому джерелі — найбільш радикальний засіб боротьби з шумом, які створюється устаткуванням. Це досягається за допомогою таких заходів та засобів:[23]

- удосконалення кінематичних схем та конструкцій устаткування;[23]
- проведення статичного та динамічного зрівноважування і балансування; виготовлення деталей, які співударяються та корпусних деталей з неметалевих матеріалів (пластмас, текстоліту, гуми);[23]
- чергування металевих і неметалевих деталей; підвищення точності виготовлення деталей та якості складання вузлів і устаткування;[23]
- зменшення зазорів у з'єднаннях шляхом зменшення припусків; застосування мащення деталей, які труться та ін.[23]

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список літератури

1. Бретшнайдер С. Властивості рідин і газів. - Л .; М .: Хімія 1966. - 536с.
2. Варгафтік Н.Б. Довідник по теплофізичних властивостях газів і рідин. - 2-е вид. - М .: Наука, 1972. - 720с.
3. Гельперин Н.І. Основні процеси та апарати хімічної технології. - М .: Хімія, 1981. - Кн. 1, 2. - 812с.
4. Основні процеси і апарати хімічної технології: Посібник з проектування / За ред. Ю.І. Дитнерській.- М.: Хімія, 1991. - 496 с.
5. Касаткін А.Г. Основні процеси та апарати хімічної технології. - 9-е изд., Перераб. і доп. - М .: Хімія, 1973. - 754с.
6. Лацинський А.А., Толчинский А.Р. Основи конструювання і розрахунку хімічної апаратури. - М .: Машинобудування, 1970. - 752с.
7. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Приклади і задачі по курсу процесів і апаратів хімічної технології. - 10-е изд., Перераб. і доп. - Л .: Хімія, 1987. - 576с.
8. Перрі Дж. Довідник інженера-хіміка. - Л .; М .: Хімія, 1969. - Т. 1. -509с.
9. Рід Р., Праусніц Дж., Шервуд Т. Властивості газів і рідин: Довідковий посібник / Пер. з англ .; Під ред. Б.Н.Соколова. - 3-е изд., Перераб. і доп. - Л .: Хімія, 1982. - 592с. 10. Романків П.Г., Рашковская Н.Б., Фролов В.Ф. Масообмінні процеси хімічної технології (системи з твердою фазою). - Л .: Хімія, 1975. - 336с.
10. Довідник хіміка / Под ред. Б.Н.Нікольского. - 2-е вид. - М .; Л .: Хімія, 1966. - Т.5. - с.354 - 804.
11. Флореа О., Смігельській О. Розрахунки по процесам і апаратам хімічної технології. - М .: Хімія, 1971. - 448с.
12. Чорнобильський І.І. та ін. Машина і апарати хімічних виробництв. - 3-е изд., Перераб. і доп. - М .: Машиностроение, 1975. - 456с
13. Александров И. А. Ректификационные и абсорбционные аппараты / И. А. Александров. – 3-е изд., перераб. – Москва : Химия, 1978. – 280 с.

					ПОХНВ.А.00.00.00 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

14. Касаткин А. Г. Расчет тарельчатых ректификационных и абсорбционных аппаратов / А. Г. Касаткин, А. Н. Плановский, О. С. Чехов. – Москва : Стандартгиз, 1961. – 82 с. 35. Рамм В. М. Абсор
- 15.. Справочник механика химических и нефтехимических производств / З. З. Рахмилевич и др. – Москва : Химия, 1985.
16. Ремонт и монтаж химического оборудования / В. И. Ермаков и др. – Львов : Химия, 1981.
17. Охорона праці : конспект лекцій / укладач А. Ф. Денисенко. – Суми : СумДУ, 2007. – Ч. 1. – 128 с.
18. Охорона праці : конспект лекцій / укладач А. Ф. Денисенко. – Суми : СумДУ, 2007. – Ч. 2. – 130 с.
19. Охрана труда в машиностроении / под ред. Е. Я. Юдина. – Москва : Машиностроение, 1983. – 432 с.
20. Охрана труда в химической промышленности / под ред. Г. В. Макарова. – Москва : Химия, 1989. – 496 с.
21. <https://wikipedia.org>
22. Безпека праці у промисловості - <https://cpo.stu.cn.ua/Oksana/posibnik/810.html>
23. Фізичні та фізіологічні характеристики шуму - <https://studopedia.org/8-126644.html>
24. Ремонт колонних апаратів - <http://xn--11amhh.xn--p1ai/uchebnik/montag/500.php>
25. «Справочник (Абсорбционная колона)» - <https://chem21.info/info/68893/>
26. <http://nadoest.com/konspekt-lekcij-po-kursu-montaj-ekspluatatsiya-ta-remont-himich-stor-4>